

**И. И. Абрамов**, д-р физ.-мат. наук, проф.,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, 220013,  
Республика Беларусь, e-mail: nanodev@bsuir.edu.by

## ПРОБЛЕМЫ АНАЛОГИЙ И НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПСИХИКИ ЖИВОТНЫХ

Поступила в редакцию 17.10.2023

*Проанализированы проблемы использования аналогий и нейровизуализации в исследовании психики животных. Рассмотрены возможности разобраться в психике животных. В результате проведенного анализа сформулирована гипотеза о возможности приближенного понимания психики животных (не в полном объеме), обладающих мозгом.*

**Ключевые слова:** мозг, психика животных, наноэлектроника, комплексный иерархический подход, математическое моделирование

### Введение

В своих недавно опубликованных работах [1–3] я попытался ответить на два важных чрезвычайно сложных возникающих в последнее время вопроса: "Заменит ли искусственный интеллект человека?" и "Возможна ли искусственная реализация сознания?" В данной статье будет рассмотрен другой важный вопрос: "Возможно ли понять психику животных?"

Попытки ответить на последний вопрос, сформулированный в современной форме, насчитывает многовековую историю. Понятно, что он интересовал человека со дня его контакта с животным миром.

У ученых он начал вызывать серьезное внимание не так давно. Так, немецкий биолог Якоб фон Икскуль (Jakob von Uexküll) в начале 20 века допустил, что животные имеют микроощущение ("умвельт"), отличное от нашего. Согласно его взгляду эти умвельты "непонятны и неощутимы" для иных животных. Философ Томас Нагель в 1974 г. задал ставший легендарным вопрос [4]: "Что значит быть летучей мышью?" Нагель ставил вопрос о понимании как себя чувствует мышь будучи мышью. Он проанализировал три альтернативных

мыслительных эксперимента. Первый предполагает имитацию, т. е. воспроизведение человеком жизни летучих мышей в естественной среде обитания. Во втором речь идет об общности ряда переживаний, характерных для людей и мышей. Третий гипотетический эксперимент носит фантастический характер, когда человек сначала превращается в летучую мышь, а затем снова в человека. Общий вывод Нагеля заключается в том, что наука скорее всего никогда не сможет ответить на поставленный вопрос: каково быть летучей мышью.

В целом, мнения ученых разделились. Многие, как и Нагель, придерживаются крайне пессимистической точки зрения на данный вопрос. Оптимизм других, как правило, связывается с будущим прогрессом в науке о мозге.

Оптимистически, в частности, настроен профессор Грегори Бернс, исследующий психику ряда животных, а именно собак, морских львов, дельфинов, сумчатых волков, описанных в его очень интересной книге [5]. Сущность подхода Бернса к решению этой трудной проблемы хорошо отражает следующая цитата [5]: "мы... слышим все тот же набивший оскомину довод: невозможно узнать, что чувствуют и чего хотят животные. Мне кажется, что можно. Нейровизуализация, и структурная, и

функциональная, выявляет достаточно аналогий, чтобы экстраполировать ощущения одних животных на другие виды. Сходство в системах мозга, отвечающих за радость, боль и даже социальные связи, позволяет предположить, что животные испытывают в основном то же, что и мы, пусть и не имея слов для описания своих ощущений". Таким образом подход Бернса основывается на аналогии структур мозга, отвечающих за определенные психические процессы и использование нейровизуализации. Проанализируем эти факторы.

### Проблемы аналогий и нейровизуализации

Согласно "Кембриджской декларации о сознании" 2012 г. "множество данных свидетельствует о том, что люди не уникальны в обладании неврологическими субстратами, которые формируют сознание" [6]. Мною отмечалось [3], что в декларации, принятой известными учеными, не утверждается, что у некоторых животных есть сознание. Таким образом наличие подобных структур у животных еще не означает, что у них будут аналогичные ощущения, как и у нас. К сожалению, животные нам не могут об этом рассказать. Проанализируем вопрос об аналогиях, а точнее о подобии, более подробно.

Известные данные в области нейробиологии (см., например, [7]) свидетельствуют, что в обеспечении отличающихся психических функций могут участвовать различные области мозга. Более того, при обеспечении одних и тех же психических функций могут варьироваться области и нейронные цепи, сильно изменяется активность областей, даже при одних и тех же действиях у одного и того же человека, серьезные психические заболевания могут быть вызваны, казалось бы незначительными на первый взгляд отклонениями (обзор этих исследований дан в работах [8—12]). Поэтому нейробиолог Расс Полдрак, в частности, утверждал [13], что вследствие взаимосвязи различных областей мозга психические функции будут зависеть от разных областей, а, следовательно, о психических процессах невозможно делать выводы на основе активности определенной области мозга. Полдрак назвал это "проблемой обратного вывода".

В настоящее время используется широкий спектр экспериментальных методов и различных средств исследования мозга, а именно [8, 9, 14]: компьютерная томография; позитронно-эмиссионная томография; магнитно-резонансная томография (МРТ); функциональная МРТ (фМРТ); транскраниальное электромагнитное сканирование; электроэнцефалография; электрокортикография; магнитоэнцефалография; электрическое раздражение мозга с помощью микроэлектродной техники; глубокая стимуляция мозга; химические

препараты и лекарства; исследования, основанные на разрушениях и патологиях мозга; метод интроспекции и др.

Детальный анализ современных методов визуализации мозга дан в работе [7]. Вердикт таков: "...ни один метод не обладает необходимым пространственно-временным разрешением для прослеживания единичных нейронов и даже небольших групп нервных клеток, например колонок в коре" [7]. В целом "каждый из методов и средств имеет определенные достоинства и недостатки, однако анализ показывает, что все они еще достаточно грубы по разрешению (по пространству и/или по времени), обычно носят косвенный характер или дополнительно имеют другие достаточно существенные недостатки... Таким образом, используемые в настоящее время инструментарий и методы... характеризуются одним общим серьезным недостатком — грубостью" [14]. Замечу, что профессор Бернс при исследовании мозга животных использовал всего лишь два инструмента: МРТ и фМРТ [5].

Итак, можно сделать вывод, что судить об ощущениях животных на основе подобия возбужденных областей мозга у них и у человека, т. е. экстраполиций, и данных визуализации с помощью МРТ и фМРТ весьма проблематично. И тем не менее, автор считает, что профессором Бернсом проведены очень интересные и важные исследования, и хотя бы некоторые его выводы сохранят свою силу при дальнейшем уточнении. С чего-то надо начинать.

### Подход

Автор разделяет оптимистический взгляд на возможность понимания психики животных, однако, учитывая отмеченные выше проблемы, я предлагаю для этих целей использовать разработанный мною комплексный иерархический подход на уровне многоуровневого моделирования в сочетании с экспериментальными методами, первоначально сформулированный для исследования мозга человека. Так как подход в деталях описан в работах [8, 9, 15], здесь остановлюсь лишь на ключевых моментах.

Подход основывается на предложенной полной электронной интерпретации функционирования мозга. В соответствии с ней мозг интерпретируется как объект органической гибридной наноэлектроники. Интерпретация и подход базируются на трех гипотезах [8, 9]. *Гипотеза 1:* считается, что доминирующее влияние на функционирование мозга оказывают электрические процессы. *Гипотеза 2:* функционирование мозга может быть в принципе описано с высокой степенью точности (достаточной) с применением квантовой механики на современном уровне развития. *Гипотеза 3:* строгое ма-

тематическое описание работы мозга с помощью квантовой механики относится к труднорешаемым задачам класса NP. Согласно гипотезе 1 было показано [8, 9], что **всю** нейронную цепь мозга допустимо интерпретировать в качестве нелинейной электрической цепи. Принципиально важный при этом вопрос об уровне интеграции *M* мозга человека как объекта электроники. Традиционно в микро- и нанoeлектронике оценка делается по числу активных элементов. Такими в мозге человека являются каналы (ионные каналы, ионные насосы и др.) По грубой оценке автора *M* лежит в диапазоне от  $10^{17}$  до  $10^{21}$ . Автором были приведены аргументы в пользу того, что характер обработки информации в мозге и природы жизни общий — аналого-цифровой [12]. Встает резонный вопрос: как анализировать аналого-цифровое устройство такого фантастического уровня интеграции?

Перспективный выход в данном случае — предложенный комплексный иерархический подход на основе многоуровневого моделирования мозга в сочетании с экспериментальными методами\*. Основные идеи подхода [8, 9, 15].

1. Так как мозг человека можно рассматривать как набор нелинейных электрических цепей, а, следовательно, здесь можно использовать подобные, как и для ИС, принципы многоуровневого моделирования.

2. Анализ показывает, что моделирование мозга человека должно быть иерархическим в целом, т. е. между уровнями (многоуровневым), и, в частности, т. е. в рамках одного уровня, целесообразно применять набор или иерархию моделей. При этом необходимо применять самые различные экспериментальные методы и оборудование из отмеченных ранее, ввиду недостатков каждого из них. Имеются и другие причины. Наиболее важными являются задание исходных данных и компенсация "потерь" в адекватности моделирования на различных уровнях.

3. Так как задача относится к труднорешаемым класса NP, то разбиение на уровни может зависеть от моделируемых функций. В работах автора [8, 9, 15] для этих целей предложено использовать разбиение на уровни организации нервной системы учебника [16], а именно: 1) ионы; 2) молекулы; 3) органеллы клетки; 4) клетка; 5) локальные сети (зоны); 6) проекционные сети (системы); 7) многочисленные перекрывающиеся сети (поведение животного). Интересно заметить, что если отбросить тип носителей заряда (уровень 1), то число уровней равно шести, которое соответству-

\* Бесспорно важным будет и сформулированный главный принцип функционирования мозга — преобразований сигналов и энергетических реконструкций [12].

ет числу основных уровней моделирования современных ИС [8, 9].

Так как важнейшим при анализе ИС является этап схмотехнического моделирования, то по аналогии основным и при исследовании мозга может быть также схмотехническое моделирование нейронных нелинейных электрических цепей. Для этого будет необходимо разработать многочисленные электрические модели следующих элементов: ионных каналов, ионных насосов, аксонов, дендритов, шипиков, синапсов, тел клеток и др. Учет менее существенных факторов может осуществляться с помощью токов утечки, паразитных элементов в моделях электрических нейронных цепей, учитывающих более значимые процессы. После схмотехнического моделирования можно строить макромодель локальной цепи и переходить на следующий уровень моделирования: проекционные сети и т. д. При моделирование каналов скорее всего потребуются использование многоуровневого моделирования с привлечением элементов квантовой механики, учитывая их сложность [8, 9, 15].

Осторожная оценка [8, 9, 15] показывает, что предложенный комплексный иерархический подход, по-видимому, даст положительные результаты при моделировании различных психических функций человека, включая мыслительную деятельность. Так как мыслительная деятельность человека является, по-видимому, самой сложной из известных психических функций, в которой участвуют различные области мозга, обширные нейронные цепи, то предложенный комплексный подход будет тем более применим к другим животным. Важным преимуществом предложенного подхода является его открытость. Так, в его рамках допустимо учитывать влияние различных химических, тепловых и других важных неучтенных процессов и факторов, например, глиальных клеток, объемных токов, возможных модификаций в нейронных цепях, даже во внутренних режимах функционирования мозга. Допустима комбинация и с коннектомикой.

Существенное отличие моего подхода от подхода Бернса заключается в необходимости использования также инструментария моделирования. Важно отметить, что и при разработке современных ИС кроме экспериментальных методик обязательным считается также применение средств моделирования. Во всяком случае, использование экспериментальных методик для разработки ИС в настоящее время считается явно недостаточным.

Не могу, однако, не отметить важный проект профессора Бернса "Мозговой ковчег" (BrainArk, <http://brainark.org>) [5]. Его "цель — каталогизировать и описывать образцы мозга мировой мегафауны, пока она еще с нами" [5]. Это напоминает мне проект консорциума SEMATECH по созданию

единой базы данных экспериментальных профилей легирования элементов ИС [17].

Важным является вопрос о возникновении сознания, в частности, что ему предшествовало. Так как многие животные, по крайней мере, обладающие корковыми структурами, как свидетельствуют многочисленные данные (см., например, [5], [18]) обладают чувственным восприятием, то, по моему мнению, именно оно предшествовало сознанию.

По результатам проведенного рассмотрения может быть сформулирована гипотеза\* 5: понимание психики животных возможно, но приближенно, не в полном объеме.

## Заключение

В работе дан анализ проблемы понимания психики животных. Отмечено, что она вызывает все больший интерес ввиду ее бесспорной важности. Показано, что судить об ощущениях животных на основе подобия возбужденных областей мозга у них и у человека, т.е. экстраполяции, и данных визуализации весьма проблематично. Для целей понимания психики животных автором предложено и обосновано использовать разработанный комплексный иерархический подход на основе многоуровневого моделирования в сочетании с экспериментальными методами. Важным при этом будет и сформулированный главный принцип функционирования мозга — преобразований сигналов и энергетических реконструкций. Существенное отличие моего подхода от подхода Бернса заключается в необходимости также применения инструментария моделирования. Результатом оптимистического взгляда автора на проблему является сформулированная еще одна гипотеза: понимание психики животных возможно, но приближенно, не в полном объеме.

*Автор считает своим приятным долгом выразить искреннюю признательность моей ученице Н. В. Колемейцевой за подготовку рукописи работы к печати.*

\* Гипотеза 4 заключается в следующем [3]: искусственная реализация сознания человека, судя по всему, будет возможна, но приближенно, не в полном объеме.

## Список литературы

1. **Абрамов И. И.** Artificial intelligence will never completely replace humans // Russian Microelectronics. 2022. V. 51, N 6. P. 376—386.
2. **Абрамов И. И.** Искусственный интеллект никогда не заменит полностью человека // Микроэлектроника. 2023. Т. 52, № 1. С. 20—31.
3. **Абрамов И. И.** Возможна ли искусственная реализация сознания? // Нано- и микросистемная техника. 2023. Т. 25, № 1. С. 42—48.
4. **Nagel T.** What is it like to be a bat? // Philosophical Review. 1974. V. 83. N 4. P. 435—450.
5. **Бернс Г.** Что значит быть собакой: И другие открытия в области нейробиологии животных. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. 333 с.
6. **The Cambridge Declaration on Consciousness, July 7, 2012, Francis Crick Memorial Conference at Churchill College, University of Cambridge.**
7. **Cognition, brain, and consciousness. Introduction to cognitive neuroscience. Second Edition / Ed. by B. J. Baars, N. M. Gage. Amsterdam: Elsevier, 2010. 658 p.**
8. **Абрамов И. И.** Мозг как объект электроники. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 80 с.
9. **Абрамов И. И.** Brain as an Object of Electronics. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2013. 76 p.
10. **Абрамов И. И.** Сознание человека, или возможности электроники. Часть I. // Нано- и микросистемная техника. 2018. Т. 20, № 5. С. 308—320.
11. **Абрамов И. И.** Сознание человека, или возможности электроники. Часть II. // Нано- и микросистемная техника. 2018. Т. 20, № 6. С. 368—384.
12. **Абрамов И. И.** Сознание человека, или возможности электроники. Часть III. // Нано- и микросистемная техника. 2019. Т. 21, № 9. С. 555—574.
13. **Poldrack R. A.** Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data // Trends in Cognitive Sciences. 2006. N. 10. P. 59—63.
14. **Абрамов И. И.** Перспективы использования нанoeлектроники, наноматериалов и нанотехнологий в исследовании и медицине мозга человека // Нано- и микросистемная техника. 2016. Т. 18, № 1. С. 49—64.
15. **Абрамов И. И.** Мозг — объект органической гибридной нанoeлектроники, или взгляд со стороны. Часть III. // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 5. С. 45—54.
16. **Шеперд Г.** Нейробиология: в 2-х т. Т. 1. М.: Мир, 1987. 454 с.
17. **Абрамов И. И.** Основы моделирования элементов микро- и нанoeлектроники. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 444 с.
18. **Де Вааль Ф.** Достаточно ли мы умны, чтобы судить об уме животных? М.: Альпина нон-фикшн, 2017. 404 с.

**I. I. Abramov**, D. Sci., Professor, e-mail: nanodev@bsuir.edu.by,  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, 220013, Belarus

*Corresponding author:*

**Abramov Igor I.**, D. Sci., Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, 220013, Belarus, e-mail: nanodev@bsuir.edu.by

# Problems of Analogies and Neuroimaging in the Study of Animal Psychology

Received on October 17, 2023

Accepted on October 31, 2023

*Possibilities of understanding of animal psychology are considered. In results of performed analysis hypothesis about possibility of approximate understanding of animal with the brain psychology (not in full) is formulated. It is shown that understanding the sensations of animals based on similarity of excited brain regions in them and in humans, i.e. extrapolations, and visualization data is very problematic. For the purposes of understanding the psychology of animals, the author proposed and established using complex hierarchical approach based on multilevel simulation with experimental methods.*

**Keywords:** brain, animal psychology, nanoelectronics, complex hierarchical approach, mathematical simulation

For citation:

**Abramov I. I.** Problems of Analogies and Neuroimaging in the Study of Animal Psychology, *Nano- i mikrosistemnaya tekhnika*, 2024, vol. 26, no. 1, pp. 52–56.

DOI: 10.17587/nmst.26.52-56

## References

1. **Abramov I. I.** Artificial intelligence will never completely replace humans // *Russian Microelectronics*. 2022. Vol. 51, N. 6. P. 376–386.
2. **Abramov I. I.** Iscustvenni intellekt nikogda ne zamenit polnostiu cheloveka // *Microelektronika*. 2023. Vol. 52, N. 1. P. 20–31 (in Russian).
3. **Abramov I. I.** Is it possible to realize consciousness artificially? // *Nano- i mikrosistemnaya tekhnika*. 2023. Vol. 25, N. 1. P. 42–48 (in Russian).
4. **Nagel T.** What is it like to be a bat? // *Philosophical Review*. 1974. Vol. 83, N. 4. P. 435–450.
5. **Berns G.** What it's like to be a dog: And other adventures in animal neuroscience. New York: Basic Books, 2017.
6. **The Cambridge** Declaration on Consciousness, July 7, 2012, Francis Crick Memorial Conference at Churchill College, University of Cambridge.
7. **Cognition**, brain, and consciousness. Introduction to cognitive neuroscience. Second Edition / Ed. by B. J. Baars, N. M. Gage. Amsterdam: Elsevier, 2010. 658 p.
8. **Abramov I. I.** Mozg kak obekt jelektroniki. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 80 p. (in Russian).
9. **Abramov I. I.** Brain as an Object of Electronics. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2013. 76 p.
10. **Abramov I. I.** Human consciousness, or possibilities of electronics. Part I. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2018. Vol. 20, N. 5. P. 308–320.
11. **Abramov I. I.** Human consciousness, or possibilities of electronics. Part II. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2018. Vol. 20, N. 6. P. 368–384.
12. **Abramov I. I.** Human consciousness, or possibilities of electronics. Part III. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2019. Vol. 21, N. 9. P. 555–574.
13. **Poldrack R. A.** Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data // *Trends in Cognitive Sciences*. 2006. N. 10. P. 59–63.
14. **Abramov I. I.** Prospects of nanoelectronics, nanomaterials and nanotechnologies in research and medicine of the human brain. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2016. Vol. 18, N. 1. P. 49–64.
15. **Abramov I. I.** Mozg — obekt organicheskoy gibridnoj nanojelektroniki, ili vzgljad so storony. Chast' III. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2013. N. 5. P. 45–54 (in Russian).
16. **Shepherd G. M.** Neurobiology. New York: Oxford University Press Inc., 1983.
17. **Abramov I. I.** Bases of micro- and nanoelectronics devices simulation. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 444 p. (in Russian).
18. **de Waal Frans.** Are we smart enough to know how smart animals are? New York, London: W. W. Norton @ Company, 2016.

Адрес редакции журнала: 107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2, оф. 45. Телефон редакции журнала **8(499) 270-1652**. E-mail: [nmst@novtex.ru](mailto:nmst@novtex.ru)  
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.  
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-18289 от 06.09.04.

Технический редактор *Т. А. Шацкая*.

Сдано в набор 14.12.2023. Подписано в печать 23.01.2024. Формат 60×88 1/8. Заказ МС124. Цена договорная  
Оригинал-макет ООО «Авансед солюшнз». Отпечатано в ООО «Авансед солюшнз». 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)